



Akdeniz İklim Koşullarında Seralarda Havalandırma Açıklık Oranlarının Belirlenmesi

Abdullah Nafi Baytorun^{1*}, Sait Üstün², Adil Akyüz², Derya Önder¹

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01250 Adana, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 46040 Kahramanmaraş, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş 18 Ekim 2016
Kabul 10 Mart 2017

Anahtar Kelimeler:

Sera
Doğal havalandırma
Hava değişim katsayısı
Gölgeleme
Sera iklimlendirmesi

*Sorumlu Yazar:

E-mail: baytorun@cu.edu.tr

ÖZET

Seralarda havalandırma bitkilerin arzuladıkları iç ortam değerlerinin biyolojik optimumda tutulmasında kullanılan en ucuz iklimlendirme yöntemlerinden bir tanesidir. Seralarda etkili bir havalandırma için hava değişim katsayısının 50 h^{-1} ten yüksek olmalıdır. Seralarda havalandırmanın etkinliğini belirlemek amacıyla hava değişim katsayısının belirlenmesi yanında ulaşılan sıcaklık farkı da havalandırmanın etkinliğinin belirlenmesinde bir ölçüt olarak kabul edilebilir. Yapılan bu çalışmada, Akdeniz bölgesi iklim koşullarında, farklı havalandırma açıklık oranlarında (AV/AG) serada ulaşılan sıcaklık değerleri enerji dengesi ve Bernoulli denklemi esas alınarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Antalya iklim koşullarında Mayıs ayı sıcaklık ve radyasyon değerlerine bağlı olarak çatı bölgesindeki havalandırma açıklıklarının %20 olması yeterli olmaktadır. Akdeniz iklim koşullarında haziran ayında gelen güneş radyasyonunu gölgeleme ile %50 oranında azaltılması durumunda çatı bölgesindeki %20 havalandırma açıklığı ile 1 Klık sıcaklık farkı (ΔT) sağlanabilmektedir. Ancak Haziran ayında öğle saatlerinde dış sıcaklık değeri 30°C 'nin üstünde seyrettiğinden serada ek soğutma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 5(4): 409-415, 2017

Determination of Ventilation Openings Ratio in Greenhouses under Mediterranean Climate Conditions

ARTICLE INFO

Research Article

Received 18 October 2016
Accepted 10 March 2017

Keywords:

Greenhouse
Natural ventilation
Air exchange coefficient
Shading
Greenhouse climatization

*Corresponding Author:

E-mail: baytorun@cu.edu.tr

ABSTRACT

Ventilation is one of the methods used to obtain the biological optimal point of environmental factors needed for the plants in greenhouses. In the greenhouses, air change coefficient must be more than 50 h^{-1} in order to supply effective air ventilation. Temperature differences like air change coefficient can be regarded as a criterion to determine efficiency of ventilation in the greenhouses. In this study, the temperature values were calculated by using energy balance and Bernoulli equation at different ventilation opening ratios (A_V/A_G) depending on climatic properties in the Mediterranean region (Antalya). It was found that, based on temperature and radiation values of Antalya province, 20% ventilation opening rate is sufficient in the roof area. A temperature difference (ΔT) of 1K can be achieved with a 50% shading of radiation and a 20% ventilation opening in June in the Mediterranean region. However, additional cooling is necessary in the greenhouses around noon hours because outdoor temperature is greater than 30°C .

Giriş

Seralarda yetiştirilen bitkilerin gelişimi her şeyden önce bitkinin genetiğine, beslenmesine ve iklimsel çevreye (ışık + ısı ışınları, hava sıcaklığı, nem, CO₂) bağlıdır. Güneşten gelen 380-780 nm bandındaki ışınlar (PAR) bitkilerin fotosentez yoluyla kuru madde oluşturmasını sağlarlar. Fotosentezinde oluşabilmesi için aynı zamanda havanın CO₂'ine ihtiyaç duyulmaktadır. Serada hava sıcaklığı seraya ulaşan güneş radyasyonuna ve evapotranspirasyona bağlı olarak değişmektedir. Serada nem, bitki besin maddelerinin alınmasına, bitki hücrelerindeki basıncın etkilenmesine ve transpirasyona etki etmektedir.

Sıcak dönemlerde seraya ulaşan güneş radyasyonuna bağlı olarak, artan sıcaklık değerlerinin bitkilerin arzuladıkları değerlerde tutulabilmesi için seraların iklimlendirilmesi zorunludur. Günlük ortalama sıcaklığın 12-22°C arasında bulunması durumunda havalandırma ile sera ortam sıcaklığının bitkilerin arzuladıkları değerlerde tutulabilmesi mümkündür. Günlük ortalama sıcaklığın 22°C'nin üstüne çıkması durumunda seralarda havalandırma ile birlikte aktif soğutma önlemlerinin alınması zorunludur (Nisen ve ark., 1988; Baytorun ve ark., 1994; Zabeltitz, 2011).

Seralarda en ucuz iklimlendirme yöntemi doğal havalandırma yöntemidir. Türkiye'de seracılığın yaygın olarak yapıldığı Akdeniz sahil şeridinde uzun yıllık ortalama sıcaklık ve günlük toplam radyasyon değerleri incelendiğinde, seraların Ekim-Kasım, Mart-Mayıs dönemlerinde düzenli olarak havalandırılması, Kasım-Şubat döneminde havalandırılması ve ısıtılması, Haziran ve Eylül aylarında ise havalandırılması ve soğutulması gerekmektedir. Temmuz ve Ağustos aylarında ise yüksek sıcaklıktan dolayı ($\theta_e > 27^\circ\text{C}$) seralar bu dönemde boş bırakılmaktadır.

Akdeniz bölgesinde bulunan düşük teknolojiye sahip seralarda çatı havalandırması olmayıp sadece yan duvar havalandırması mevcuttur. Çanakçı ve Akıncı (2007) Antalya ili seralarında kullanılan havalandırma sistemleri üzerine 116 işletmede bulunan 688 adet serada (%48 cam, %52 plastik sera) yaptıkları incelemelerde; çatı havalandırma açıklıklarının sera taban alanına oranı cam seralarda %2,2, plastik seralarda %0,8 olarak saptamışlardır. Bu değerler dikkate alındığında seralardaki doğal havalandırma açıklıklarının yetersiz olduğu görülmektedir.

Ancak son yıllarda blok şeklinde inşa edilen modern seralarda havalandırma açıklıkları sera taban alanının %40'na kadar yükselebilmektedir. Bu oran böcek tüllerinin kullanıldığı seralar için yeterlidir.

Seralarda uygun bir havalandırma için böcek tüllerinin kullanılmadığı seralarda havalandırma açıklıklarının sera taban alanına oranı %20-25 olmalıdır (Baytorun, 1987). Çanakçı ve Akıncı (2007)' Antalya'daki modern ve geleneksel sera işletmelerinin kıyaslamasında doğal havalandırma açıklıklarının sera taban alanına oranını %30-35 arasında, geleneksel seralarda ise bu oranı havalandırma alanlarının seradaki konumuna göre %2-4 ve %11-16 arasında saptamışlardır.

Boulard ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada %18 havalandırma açıklığına sahip plastik serada, oransal nem değeri dış iklim koşullarına göre %7 artarken,

havalandırma açıklığının %11 olması durumunda oransal nem %18 artmaktadır.

Seralarda havalandırma, sadece sıcaklığın kontrolü için değil, aynı zamanda bitkisel üretimde büyük bir öneme sahip olan nem değerlerinin ve havadaki CO₂ konsantrasyonunun düzenlenmesinde büyük bir öneme sahiptir.

Seralarda hava değişimi, rüzgar ve serayla dış ortam arasındaki sıcaklık ve nem farkının yarattığı basınca bağlı olarak meydana gelmektedir (Baytorun, 1986; Flourentzou ve ark., 1998). Hava değişimine neden olan rüzgar ve sıcaklık farkının yarattığı kuvvetler nadir olarak teknel etki ederler. Ancak rüzgar hızının 1,5 m s⁻¹'den daha yüksek olduğu koşullarda hava değişiminin ortaya çıkmasında rüzgar kuvvetleri, sıcaklık farkının yarattığı kuvvetlere göre dominanttır (Baytorun, 1986; Boulard ve Baille 1995; Kittas ve ark., 1996). Çatı ve yan duvar havalandırmasına sahip seralarda rüzgar hızı 1,5 m s⁻¹'den yüksek olduğunda, sıcaklık farkının hava değişimi üzerindeki etkisi ihmal edilebilir. Bu koşullarda sadece havalandırma açıklıkları ile rüzgar kuvvetlerinin dikkate alınması yeterlidir. Hava değişim katsayısı rüzgar hızı ile doğrusal bir artış göstermektedir (Baytorun, 1986; Kacira ve ark., 2004).

Seralarda havalandırma sistemlerinin etkinliği, hava değişim katsayısı ile belirlenmektedir (Baytorun, 1986). İyi bir havalandırma için hava değişim katsayısının 50 h⁻¹ olması istenir (Baytorun, 1986; Zabeltitz, 1986). Hava değişim katsayısı rüzgar hızına, yönüne, sıcaklık farkına, havalandırma açıklıklarının konumuna, büyüklüğüne (Baytorun, 1986), havalandırma açıklıklarına yerleştirilmiş böcek tüllerine ve serada yetiştirilen bitki boyuna bağlı olarak değişmektedir (Harmanto ve ark., 2006).

Hava değişim katsayısının belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Hava değişim katsayısının doğrudan belirlenmesinde kullanılan yöntem, indikatör gaz yöntemidir. Ancak bu yöntemde kullanılan gazın maliyetli olması, kullanımını sınırlamaktadır. Havalandırma açıklıklarının, sera taban alanına oranının küçük olduğu subtropik bölgelerdeki seralarda, havalandırma katsayısının indikatör gaz yöntemi ile (CO₂, NO₂ veya CH₄) doğrudan belirlenmesi uygundur (Baytorun, 1986; Boulard ve ark., 1995; Roy ve ark., 2002; Baptista ve ark., 1999). Bu yöntemde kullanılan gazların bitkilere zarar vermeyecek özellikte ve konsantrasyonda olmasına dikkat edilmelidir.

Hava değişim katsayısının belirlenmesinde kullanılan bir diğer yöntem, enerji, kütle ve momentum dengesinden gidilerek yapılan hesaplamalardır (Baptista ve ark., 2001; Munoz ve ark., 1999). Tropik iklim bölgelerindeki seralarda yan duvarların ve cephelerin tamamen açılması nedeniyle, hava değişim katsayısının belirlenmesinde kullanılan gazın fazla olması, bu bölgelerde hava değişim katsayısının enerji dengesi yöntemine göre hesaplanmasını zorunlu kılmaktadır (Harmanto ve ark., 2006).

Zabeltitz (1986, 2011) eserlerinde, enerji dengesi yöntemiyle, Baytorun'un indikatör gaz yöntemine göre elde ettiği değerleri karşılaştırarak her iki yöntemin çok iyi bir uyum gösterdiğini belirlemiştir. Aynı şekilde

Harmanto ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada seralarda havalandırma katsayısının belirlenmesinde kullanılan enerji dengesi yöntemini, su kütlesi dengesi ile karşılaştırmış ve her iki yöntemle elde edilen sonuçların büyük bir uyum gösterdiğini belirlemişlerdir. Belirtilen nedenle seralarda hava değişim katsayısının belirlenmesinde kullanılan enerji dengesi yöntemi, basit, hızlı, ucuz, esnek ve oldukça doğru bir yöntem olarak kabul edilebilmektedir. Ayrıca enerji dengesi yönteminin indikatör gaz yöntemine göre bir diğer avantajı da, ölçümlerde daha kısa zaman aralıklarının kullanılabilmesidir.

Yapılan bu çalışmada Türkiye'de seracılığın yaygın olarak yapıldığı (%84) Akdeniz bölgesinde kullanılan plastik seralarda, enerji dengesi yöntemi ve Bernoulli denkleminden yararlanılarak gerekli olan havalandırma açıklıklarının sera taban alanına oranının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Enerji Dengesi Yöntemi

Seralarda enerji dengesi aşağıda verilen Eşitlik 1'de olduğu gibi tanımlanmaktadır (Zabeltitz 1986).

$$\phi_{sun} - (\phi_c + \phi_l) - \phi_v - \phi_{gr} - \phi_p = 0 \quad (1)$$

Eşitlikte;

ϕ_{sun} =Güneşten kazanılan ısı [W],

ϕ_c =Örtü malzemesi aracılığıyla ortaya çıkan ısı kayıpları [W],

ϕ_l =Örtü malzemesindeki açıklardan ortaya çıkan ısı kayıpları [W],

ϕ_v =Havalandırma ısı kayıpları [W],

ϕ_{gr} =Topraktan ısı kayıp ve kazançları [W],

ϕ_p =Fotosentezde kullanılan ısı [W] (Seraya ulaşan radyasyonun % 2-3'ü).

Fotosentez için gerekli olan ısı enerjisi çok küçük olduğundan hesaplamalarda dikkate alınmamaktadır (Zabeltitz, 1986; Harmanto ve ark., 2006). Isıtılmayan seralarda toprağa veya topraktan seraya olan ısı akışı, hava ve toprak sıcaklığına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Ancak yapılan bu çalışmada Nisan ayından sonra toprak yüzeyinin tamamen bitkiyle örtüldüğü varsayımıyla, Eşitlik 1'de toprağa olan ısı akışı dikkate alınmamıştır. Bu koşullarda seradaki enerji dengesini veren Eşitlik 1 Eşitlik 2 denklemine dönüştürülmüştür.

$$\phi_{sun} = (\phi_c + \phi_l) + \phi_v \quad [W] \quad (2)$$

Seraya ulaşan güneş radyasyonunun sağladığı enerji (ϕ_{sun}) Eşitlik 3 yardımı ile belirlenmektedir.

$$\phi_{sun} = q_e * \tau * A_G \quad [W] \quad (3)$$

Eşitlikte;

q_e =Güneş radyasyonu [$W m^{-2}$],

A_G =Sera taban alanı [m^2],

τ =Örtü malzemesinin geçirgenliği [-].

Örtü malzemesinin termik özelliği ve istenmeyen açıklıklardan kaybolan ısı enerjisi ($\phi_c + \phi_l$), Eşitlik 4 nolu yardımı ile belirlenebilmektedir.

$$\phi_c + \phi_l = U_{cs} * A_c * (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (4)$$

Eşitlikte;

U_{cs} =Isı tüketim katsayısı [$W m^{-2} K^{-1}$],

A_c =Sera örtü yüzey alanı [m^2],

θ_i =Sera sıcaklık değeri [$^{\circ}C$],

θ_e =Dış sıcaklık değeri [$^{\circ}C$].

Eşitlik 2'de havalandırma açıklıkları aracılığıyla taşınan ısı enerjisi (ϕ_v), duyulur (sensible) ve gizli (latent) ısının toplamına eşittir.

$$\phi_v = \phi_{si} + \phi_{lt} \quad [W] \quad (5)$$

Eşitlikte duyulur ısı enerjisinin hesaplanması, Eşitlik 6 ile yapılmaktadır.

$$\phi_{si} = V_E * A_G * \rho_e * c_p * (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (6)$$

Eşitlikte;

V_E =Birim alana tekabül eden hava değişim katsayısı [$m^3 m^{-2} h^{-1}$],

ρ_e =Havanın yoğunluğu [$kg m^{-3}$],

c_p =Havanın özgül ısısı [$Wh kg^{-1} K^{-1}$]

Serada ortaya çıkan buharlaşmanın, havalandırma ile dış ortama taşınan su buharı miktarına eşit olduğu kabul edilirse, gizli ısı ile taşınan enerji miktarı aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilmektedir.

$$\phi_{lt} = E_v * f * q_e * A_G \quad [W] \quad (7)$$

Tüm bu ilişkiler Eşitlik 2'de yerine konduğunda, Eşitlik 8 elde edilir.

$$q_e * \tau * A_G = U_{cs} * A_c * (\theta_i - \theta_e) + (V_E * A_G * \rho_e * c_p * (\theta_i - \theta_e) + E_v * f * q_e * A_G) \quad (8)$$

Eşitlik 8' den (V_E) çekildiğinde, Eşitlik 9 elde edilir.

$$V_E = \frac{\tau * q_e}{\rho_e * c_p} * \frac{1}{\Delta\theta} * (1 - E_v * f) - \frac{A_c}{A_G} * \frac{1}{\rho_e * c_p} * U_{cs} \quad [m^3 m^{-2} h^{-1}] \quad (9)$$

Eşitlik 9 yardımıyla havalandırılan seralarda enerji dengesi yöntemine göre, birim alana tekabül eden hava değişim katsayısının belirlenmesi mümkündür. Evaporasyon katsayısı E_v 'nin hesaplanması zordur. E_v 0 ile 1 arasında değer alır. Yapılan hesaplamalarda E_v ve f değerleri Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Havalandırma açıklıklarında sera sıcaklığına ve havalandırma açıklıklarının büyüklüğüne göre ortaya çıkan hava akış debisi Bernoulli ilişkisi ile elde edilebilmektedir (Molina-Aiz ve ark., 2009; Zabeltitz, 2011). Sera çatı ve yan duvarlarında havalandırma açıklıklarının bulunması durumunda Eşitlik 10 yardımıyla havalandırma açıklıklarında ortaya çıkan hava akış debisi

hesaplanabilmektedir (Boulard ve ark. 1997; Kittas ve ark. 1997).

$$V_v = C_d * \left[\left(\frac{A_r * A_s}{\sqrt{A_r^2 + A_s^2}} \right)^2 * \left(2 * g * \frac{T_i - T_e}{T_m} * h \right) + \left(\frac{A_r + A_s}{2} \right)^2 * C_w * v_w \right]^{0,5} \quad (10)$$

Eşitlikte

A_r, A_s =Yan duvar ve çatı havalandırma alanları (m^2),
 h =Çatı ve yan duvar havalandırma açıklıklarının merkezleri arasındaki düşey mesafe (m).

Havalandırma kapakları sadece çatı bölgesinde bulunduğu, $A_r + A_s = A_v$ olarak kabul edilirse, Eşitlik 10, Eşitlik 11'de olduğu gibi yazılabilir. Eşitlik 11'de bulunan $A_v/2$ 'deki 2 faktörünün alınma nedeni havalandırma alanının yarısının hava girişi ve yarısının hava çıkışı olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

$$V_v = \frac{A_v}{2} * C_d * \sqrt{2 * g * \left(\frac{h}{4} \right) * \frac{\Delta\theta}{T_m} + C_w * v_w^2} [m^3 s^{-1}] \quad (11)$$

Eşitlik 11'de, kare kök içinde verilen birinci kısım, sıcaklık farkı, ikinci kısım ise rüzgar kuvvetlerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Zabeltitz, 2011). Geniş bloklar halinde inşa edilen seralarda sadece çatı havalandırması yapıldığından, sıcaklık farkının etkilediği hava değişimi oldukça küçüktür. Ayrıca seralarda, rüzgar hızının $2 m s^{-1}$ 'den büyük olması durumunda sıcaklık farkının hava değişimi üzerindeki etkisi ihmal edilebilmektedir (Baytorun, 1986). Kittas ve ark. (1996) $v_w/\Delta\theta / \Delta T^{0,5} > 1$ olduğunda sıcaklık farkının ihmal edilebileceğini ifade etmektedirler. Papadakis ve ark. (1996) yaptıkları çalışmada, rüzgar hızının $1,8 ms^{-1}$ 'den büyük olması durumunda rüzgarın hava değişimi üzerindeki etkisi, sıcaklık farkının yarattığı etkiden daha büyük olduğunu belirlemişlerdir. Kittas ve ark. (1996) ise, sadece çatı havalandırmasına sahip seralarda, rüzgar hızının $1,5 m s^{-1}$ 'den büyük olduğu koşullarda sıcaklık farkının ihmal edilerek ortaya çıkan akış debisinin Eşitlik 12 ile belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

$$V_v = \frac{A_v}{2} * C_d * C_w^{0,5} * v_w \quad (12)$$

Eşitliklerde;

A_v =Havalandırma açıklık alanı [m^2],

g =Yerçekimi ivmesi [$m s^{-2}$],

H =Hava giriş ve çıkış alanlarının arasındaki dikey mesafe [m]

$\Delta\theta$ =Sıcaklık farkı [$^{\circ}C$],

θ_m =Ortalama dış sıcaklık,

v_w =Rüzgar hızı [ms^{-1}],

C_d =Deşarj katsayısı [-],

C_w =Toplam rüzgar basıncı değeri [-]

Eşitlik 12'nin her iki tarafı sera taban alanına bölündüğünde, Eşitlik 13 elde edilmektedir.

$$V_E = \frac{V_v}{A_G} = \frac{A_v}{2 A_G} * C_d * v_w * \sqrt{C_w} [m^3 m^{-2} s^{-1}] \quad (13)$$

Deşarj katsayısı (C_d), farklı havalandırmalar için hemen hemen aynı değere sahiptir (Çizelge 3). Rüzgar basıncı katsayısı (C_w) ise, rüzgar hızına bağlı olarak artmaktadır. Büyük sera alanları için rüzgar basıncı katsayısı $C_w=0,1-0,11$ kabul edilir. $C_d * C_w^{0,5}$ rüzgar hızına bağlı olarak 0,2-0,27 veya 0,185-0,207 arasında değişmektedir (Zabeltitz, 2011). Hava değişim katsayısının enerji dengesine göre belirlendiği Eşitlik 9 ve Eşitlik 13' den gidilerek Eşitlik 14 elde edilmektedir.

$$\frac{A_v}{A_G} = \frac{2}{c_p * \rho_e * v_w * C_d * \sqrt{C_w}} * \left[\frac{\tau * q_e (1 - E_v * f)}{\Delta\theta} - \frac{A_C}{A_G} * U_{cs} \right] \quad (14)$$

Eşitlik 14 yardımıyla iklim değerlerine ve arzulanan sıcaklık farkına ($\Delta\theta$) bağlı olarak gereksinilen havalandırma açıklık oranının sera taban alanına oranı (A_v/A_G) belirlenebilmektedir.

Hesaplamalarda Akdeniz bölgesinde yaygın olarak kullanılan plastik sera tipi esas alınmış ve (A_C/A_G)=1,48=1,48 olarak kabul edilmiştir. Serada kullanılan PE plastiğin ışınım geçirgenliği (τ) ortalama %60, ısı gereksinim katsayısı (U_{cs}) $7 W m^{-2}K^{-1}$ olarak alınmıştır (Zabeltitz, 2011). Hesaplamalarda Akdeniz iklimini temsilen Antalya ilinin 1962-2006 yılları arasındaki uzun yıllık saatlik sıcaklık, radyasyon ve rüzgar hızı değerleri esas alınmıştır.

Çizelge 1 Hesaplamalarda kullanılan E_v katsayısı*

Serada üretim durumu	E_v
Boş Sera	0
Taban alanı bitki ile yarı kaplı sera	0,5
Taban alanı bitki ile tam kaplı sera	0,8 - 1,0

*Zabeltitz (2011)

Çizelge 2 Hesaplamalarda kullanılan bitki örtü faktörü f^*

Serada üretilen bitki	f
Sebzeler için	0,8
Kesme çiçek için	0,8
Saksı bitkileri için	0,6 - 0,8

*Zabeltitz (2011)

Çizelge 3 Deşarj Katsayısı C_d^*

Havalandırma konumu	Deşarj katsayısı
Çatı havalandırması	0,65 - 0,7
Çatı havalandırması	0,65 - 0,75
Boyan boyalı havalandırma	0,644

*Roy ve ark. (2002), Zabeltitz (2011)

Bulgular ve Tartışma

Akdeniz bölgesinin uzun yıllık ortalama sıcaklık ve güneş radyasyonu değerleri incelendiğinde serada tüm yıl üretim yapabilmek için belli dönemlerde ısıtma, havalandırma ve soğutma yapma gereği ortaya çıkmaktadır. Akdeniz iklim koşullarında Şubat ayının ortasından başlayarak Mayıs ayının ilk haftasına kadar seralarda düzenli havalandırma ile bitkilerin adapte olduğu sıcaklık ($17-27^{\circ}C$) değerlerinin sağlanması mümkündür. Ortalama sıcaklığın $27^{\circ}C$ 'nin üstüne çıkması durumunda, seralarda soğutma önlemlerinin alınması zorunludur (Zabeltitz, 2011; Kittas ve ark., 2012).

Akdeniz bölgesinin uzun yıllık saatlik ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde yılın 1628 saatinde dış sıcaklık değerlerinin 26°C' nin üstünde seyrettiği görülmektedir (Çizelge 4). Serada bulunan havalandırma açıklıklarının sera taban alanına oranına bağlı olarak hesaplanan sera sıcaklık değerleri ve 26°C' den yüksek sıcaklık yinelenmeleri yılın aylarına bağlı olarak Çizelge 4' te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi havalandırma açıklıklarının sera taban alanına oranı büyüdükçe aylara bağlı olarak serada 26°C'den büyük saatlik sıcaklık yinelenmeleri azalmaktadır. Havalandırma sıcaklığının 26°C'ye ayarlandığı plastik serada, havalandırma açıklıklarının sera taban alanına oranı (A_V/A_G) %20 olduğu koşullarda Mayıs ayının toplam 744 saatinin 206 saatinde hava sıcaklığı 26°C'nin üstünde seyredecektir.

Akdeniz iklim kuşağının sıcak dönemlerinde serada sıcaklığın düzenlenmesinde havalandırma ile birlikte gölgeleme sistemlerinin kullanılması, ucuz ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle oldukça yaygındır. Seraya ulaşan güneş radyasyonunun belli oranlarda azaltılması, serada sıcaklık değerlerinin düşürülmesinde etkilidir. Akdeniz sahil şeridinde gölgeleme örtü malzemesinin kireç veya kil şerbetiyle sıvanması ile yapılmaktadır. Bu gölgeleme ile serada havalandırmanın engellenmesi söz konusu değildir. Antalya koşullarında sıcaklık yükselmesine neden olan güneş radyasyonunun seraya ulaşan miktarı gölgeleme ile azaltıldığında, gereksinilen havalandırma saatleri azalmaktadır.

Çizelge 4 Antalya iklim koşullarında havalandırma sıcaklığının 26°C'ye ayarlandığı plastik serada mayıs ayında farklı havalandırma açıklık oranlarına bağlı olarak serada 26°C'nin üstündeki sıcaklık tekrürleri (h).

A_V/A_G	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Dış sıcaklık değerinin 26°C'den büyük olduğu saat sayısı													
0	0	0	0	0	0	311	487	466	298	66	0	0	1628
İç sıcaklık değerinin 26°C'den büyük olduğu saat sayısı													
0,01	102	145	237	290	366	405	518	488	357	288	200	105	3501
0,05	0	0	78	205	335	389	504	480	336	254	98	0	2679
0,10	0	0	0	82	278	382	496	479	329	222	40	0	2308
0,15	0	0	0	18	246	375	489	477	323	201	10	0	2139
0,20	0	0	0	5	206	373	488	476	321	177	2	0	2048
0,25	0	0	0	0	160	370	488	474	320	163	0	0	1975
0,30	0	0	0	0	130	367	488	474	319	148	0	0	1926
0,35	0	0	0	0	113	362	487	474	318	142	0	0	1896
0,40	0	0	0	0	99	357	487	474	317	134	0	0	1868

Çizelge 5 Antalya ili iklim koşullarında mayıs ayında PE plastik serada farklı havalandırma açıklık oranlarında (A_V/A_G), hesaplanan iç sıcaklık değerleri.

Saat	Havalandırma açıklık oranının sera taban alanına oranı (A_V/A_G) (%)					Dış sıcaklık (θ_e) (°C)
	0,01	0,05	0,1	0,15	0,25	
	Sera iç ortam sıcaklığı (θ_i)t (°C)					
1	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
2	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6
3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3
4	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
5	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	16,9
6	18,7	18,3	18,1	18,0	17,9	17,7
7	23,1	21,7	21,1	20,8	20,6	20,0
8	28,0	25,5	24,4	23,9	23,4	22,4
9	32,0	28,4	26,9	26,2	25,6	24,2
10	34,6	30,0	28,2	27,4	26,6	25,3
11	35,7	30,4	28,5	27,7	27,0	25,6
12	36,1	30,4	28,5	27,7	27,0	25,7
13	35,7	30,1	28,3	27,5	26,8	25,6
14	34,8	29,6	27,9	27,2	26,6	25,5
15	33,1	28,7	27,2	26,6	26,1	25,1
16	30,5	27,3	26,2	25,7	25,3	24,5
17	28,0	25,9	25,1	24,8	24,5	23,9
18	25,0	24,0	23,6	23,4	23,2	22,9
19	22,0	21,8	21,8	21,7	21,7	21,6
20	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
21	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1
22	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
23	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9
24	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,3

Çizelge 6 Antalya iklim koşullarında haziran ayında %50 oranında gölgelemenin yapıldığı PE plastik serada farklı havalandırma açıklık oranlarında, hesaplanan iç sıcaklık değerleri.

Saat	Havalandırma açıklık oranının sera taban alanına oranı (A_V/A_G) (%)					Dış sıcaklık (θ_e) (°C)
	0,01	0,10	0,15	0,20	0,25	
	Sera iç ortam sıcaklığı (θ_i) (°C)					
1	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	21,9
2	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8
3	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4
5	21,5	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4
6	23,4	23,0	22,9	22,9	22,8	22,7
7	27,0	25,8	25,6	25,5	25,5	25,1
8	30,3	28,3	28,0	27,9	27,8	27,3
9	32,8	30,1	29,7	29,5	29,4	28,8
10	34,5	31,1	30,7	30,5	30,3	29,6
11	35,4	31,5	31,1	30,8	30,6	29,9
12	35,6	31,6	31,2	31,0	30,8	30,1
13	35,1	31,2	30,8	30,6	30,4	29,8
14	34,5	30,8	30,5	30,3	30,1	29,6
15	33,6	30,5	30,2	30,0	29,9	29,4
16	32,3	29,9	29,6	29,5	29,4	29,0
17	30,7	29,0	28,8	28,7	28,7	28,3
18	28,9	27,9	27,8	27,7	27,7	27,5
19	26,5	26,3	26,2	26,2	26,2	26,1
20	25,1	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
21	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3
22	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7
23	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1
24	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,6

Şekil 1'de Akdeniz koşullarında gölgelemeyen ve %50 oranında gölgeleyen serada 26°C'nin üzerinde ortaya çıkan sıcaklık tekrürleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi serada %50 gölgeleme yapıldığında (A_V/A_G) havalandırma açıklık oranının %20 olduğu serada Mayıs ayında sıcaklık 96 saat 26°C'nin üzerinde seyretmektedir.

Antalya koşullarında Mayıs ayı için farklı havalandırma açıklık oranlarında serada ulaşılan sıcaklığın günün saatlerine bağlı değişimi Eşitlik 14 yardımı ile hesaplanarak Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Mayıs ayında uzun yıllık iklim değerlerinden gidilerek belirlenen saatlik sıcaklık değerleri 16°C-26°C arasında değişmektedir. Serada hesaplanan sıcaklık değerleri ise havalandırma açıklık oranlarına bağlı olarak günün en sıcak saatlerinde 27°C-36°C arasında değişmektedir. Yapılan hesaplamalardan görüleceği gibi günün en sıcak saatlerinde (A_V/A_G) havalandırma açıklık oranının %15'ten, %25 yükseltilmesi durumunda bile sıcaklık farkı 0,7 K azaltılabilmektedir.

Akdeniz bölgesinde güneş radyasyonu ve farklı havalandırma açıklık oranlarına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı, Eşitlik 14 yardımı ile hesaplanarak Şekil 2'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, havalandırma açıklık oranları ile serada ulaşılan sıcaklık farkı arasında doğrusal olmayan bir ilişki bulunmaktadır. A_V/A_G 'nin sıcaklık farkına etkisi ilk % 10'a kadar hızlı bir düşüş göstermekte, bu değerden sonra A_V/A_G 'nin sıcaklık farkına etkisi azalmaktadır.

Seraya ulaşan güneş radyasyonunun gölgeleme ile belli oranda engellenmesine rağmen, havalandırma ile

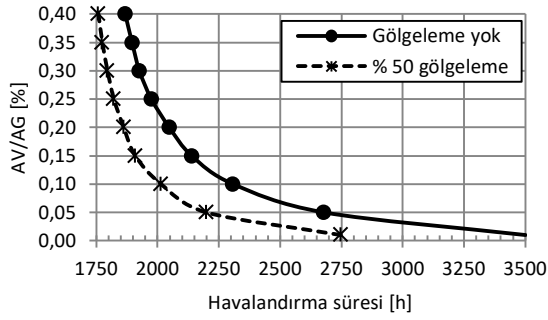
ortam sıcaklığının bitkilerin dayanabileceği sınırlarda tutulması belli dönemler için mümkün değildir. Çizelge 6'da Antalya koşullarında serada %50 oranında gölgeleme yapıldığında Haziran ayında günün saatlerine ve havalandırma açıklık oranlarına bağlı olarak hesaplanan sıcaklık değerleri verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi havalandırma açıklığının, sera taban alanına oranı (A_V/A_G) %25 olduğu koşullarda bile, sıcaklık değerleri saat 10:⁰⁰-14:⁰⁰ arasında dış sıcaklığa bağlı olarak 30°C civarında seyretmektedir. Bu koşullarda serada üretimin devamı için belirtilen saatlerde evaporatif soğutma yapma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Sonuç ve Değerlendirme

Seralarda havalandırma sıcak dönemlerde bitkilerin arzuladıkları iç ortam iklim değerlerinin biyolojik optimumunda tutulmasına olanak sağlayan en ucuz iklimlendirme yöntemidir. Elde edilen sonuçlara göre, Akdeniz iklim koşullarında Mayıs ayında çatı bölgesindeki A_V/A_G oranının %20 olması yeterlidir. Mayıs ayında A_V/A_G oranının daha da büyütülmesi sıcaklık farkını ($\Delta\theta$) çok az etkilenmektedir. Baytorun (1986) indikatör gaz yöntemine göre yaptığı çalışmada çatı bölgesindeki açıklık oranının %18-22 arasında olmasının yeterli olacağını önermektedir. Ancak bu değer böcek tüllerinin kullanılmadığı seralar için geçerlidir.

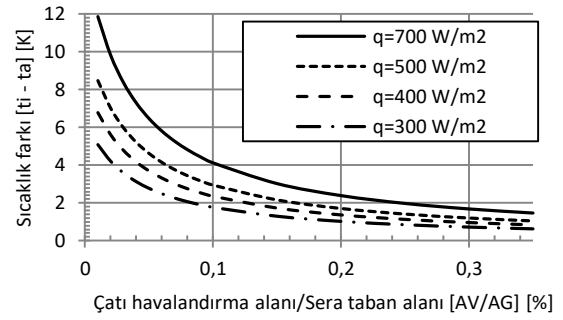
Seralarda havalandırma ile birlikte, hava sirkülasyonunu engellemeyecek şekilde gölgeleme yapılması serada ulaşılan sıcaklık farkının düşürülmesini mümkün kılmaktadır. Akdeniz iklim koşullarında Haziran ayında güneş radyasyonunun gölgeleme ile %50 oranında

azaltılması durumunda, çatı bölgesindeki %20 havalandırma açıklığı ile 1 K' lik sıcaklık farkı ($\Delta\theta$) sağlanabilmektedir. Ancak Haziran ayında saat 12:00-15:00 arasında dış sıcaklık değeri 30°C'de seyrettiğinden,



Şekil 1 Antalya iklim koşullarında havalandırma sıcaklığının 26°C'ye ayarlandığı plastik serada mayıs ayında farklı havalandırma açıklık oranlarına bağlı olarak serada 26°C'nin üstündeki sıcaklık tekerrürleri (h).

seralarda belirtilen saatler arasında soğutma yapılmalıdır. Evaporatif soğutma üretim seralarında tercih edilmeyip, Akdeniz koşullarında Haziranın ayının ikinci haftasından sonra seralar boş bırakılmaktadırlar.



Şekil 2 Antalya iklim koşullarında farklı dış radyasyon değerlerinde ve rüzgar hızının 2 m s⁻¹ olduğu koşullarda çatı havalandırma açıklık oranına (A_V/A_G) bağlı ulaşılan sıcaklık farkı.

Kaynaklar

- Baptista FJ, Bailey BJ, Randall JM, Meneses JF. 1999. Greenhouse ventilation rate: theory and measurements with tracer gas techniques. *Journal of Agricultural Engineering Research (JAE)*, 72(4): 363-374. DOI:10.1006/jaer.1998.0381.
- Baptista FJ, Bailey BJ, Meneses JF, Navas, LM.2001. Greenhouse climate modeling. Tests, adaptation and validation of a dynamic climate model. *Spanish Journal of Agricultural Research (SJAR)*, 8(2): 285-298.
- Baytorun AN. 1986. Bestimmung des Luftwechselzahl bei Gelüfteten Gewächshäuser. Heft 27. Dissertation Universität Hannover.
- Baytorun AN, Zabeltitz C von. 1987. Die Wirkung bautechnischer Einflusgrößen auf den Luftwechsel gelüfteter Gewächshäuser. *Gartenbauwissenschaft (HORTIC SCI)*, 52(5):233-239.
- Baytorun AN, Tokgöz H, Üstün S, Akyüz A. 1994. Seralarda iklimlendirme olanakları. 3. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, 4-6 Mayıs 1994. Adana.Türkiye. s:
- Boulard T, Baille A. 1995. Modeling of air exchange rate in a greenhouse equipped with continuous roof vents. *Journal of Agricultural Engineering Research (JAE)*, 61(1): 37-48. DOI: 10.1006/jaer.1995.1028.
- Boulard T, Feuilleley P, Kittas C. 1997. Natural ventilation performance of six greenhouses and tunnel types. *Journal of Agricultural Engineering Research (JAE)*, 67(4): 249-266. DOI: 10.1006/jaer.1997.0167.
- Boulard T, Fatnassi H, Roy JC, Lagier J, Fargues J, Smits N, Rougier M, Jeannequin B. 2004. Effect of greenhouse ventilation on humidity of inside air and in leaf boundary-layer. *Agricultural and Forest Meteorology* 125 (3-4): 225-239. DOI: 10.1016/j.agrformet.2004.04.005.
- Çanakçı M, Akıncı İ. 2007. Antalya ili seralarında kullanılan havalandırma ve ısıtma sistemleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Antalya*. 20(2): 241-252.
- Çanakçı M, Akıncı İ. 2007. Antalya ili sera sebze yetiştiriciliğinde modern ve geleneksel sera işletmelerinin kıyaslanması. *Tarım Bilim ve Teknoloji Kongresi*.Kahramanmaraş,5-6 Eylül 2007. ss: 54-61.
- Flourentzou F, van der Maas J, Roulet CA. 1998. Natural ventilationforpassivecooling: Measurement of dischargecoefficients. *Energy and Buildings*, 27(3): 283-292. DOI: 10.1016/S0378-7788(97)00043-1.
- Harmanto, Tantau HJ, Salokhe VM. 2006. Influence of Insect Screens with Different Mesh Sizes on Ventilation Rate and Microclimate of Greenhouses in the Humid Tropics. *Agricultural Engineering International (CIGR)*, Manuscript BC 05 017. Vol VIII.
- Kacira M, Sase S, Okushima L. 2004. Effect of side vents and span numbers on wind induced natural ventilation of a gothic multi-span greenhouse. *Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ)*, 38(4): 227-233. DOI: 10.6090/jarq.38.227.
- Kittas C, Boulard T, Mermier M, Papadakis G. 1996. Wind induced air exchange rates in a greenhouse tunnel with continuous side openings. *Journal of Agricultural Research (JAE)*, 65(1): 37-49. DOI: 10.1006/jaer.1996.0078.
- Kittas C, Boulard T, Papadakis G. 1997. Natural ventilation of a greenhouse with ridge and side openings: sensitivity to temperature and wind effects. *Transactions of the ASAE*.40 (2): 415-425.
- Kittas C, Katsoulas N, Rigakis N, Bartzanas T, Kitta E. 2012.Effects on microclimate, crop production and quality of a tomato crop grown under shade nets. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 87(1): 7-12. DOI: 10.1080/146203.2012.11512822.
- Molina-Aiz FD, Valera DL, Peña AA, Gil JA, López A. 2009.A study of natural ventilation in an Almería-type greenhouse with insect screens by means of tri-sonic anemometry. *Biosystems Engineering*, 104 (2): 224-242.
- Munoz PJI, Montero AA, Giuffrida F. 1999.Effect of insect screens and roof openings on greenhouse ventilation. *Journal of Agricultural Engineering Research (JAE)*, 73(3): 171-178.
- Nisen A, Grafiadellis M, Jiménez R, La Malfa G, Martinez-Garcia PF, Monteiro A, Verlodt H, Villele O, Zabeltitz C von, Denis JC, Baudoin W, Garnaud JC. 1988. Cultures protegees en climat mediterranean. *FAO, Rome*.
- Papadakis G, Mermeir M, Meneses J, Boulard T. 1996. Measurement and analysis of air exchange rates in a greenhouse with continuous roof and side opening. *Journal of Agricultural Engineering Research (JAE)*, 63(3): 219-228.
- Roy JC, Boulard T, Kittas C, Wang S. 2002. Convective and ventilation transfers in greenhouses, part 1: The greenhouse considered a perfectly stirred tank. *Biosystems Engineering*.83(1): 1-20.
- Zabeltitz C von. 1986. *Gewächshäuser*. Verlag Eugen-Ulmer. Stuttgart.
- Zabeltitz C von. 2011. *Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates*. Springer -Verlag Berlin Heidelberg.